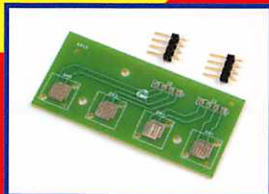
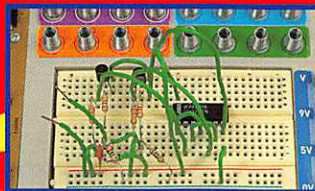
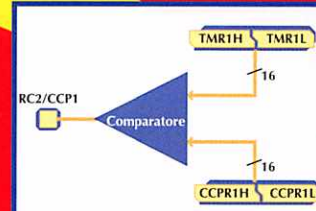
...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

39

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41039

Peruzzo & C.

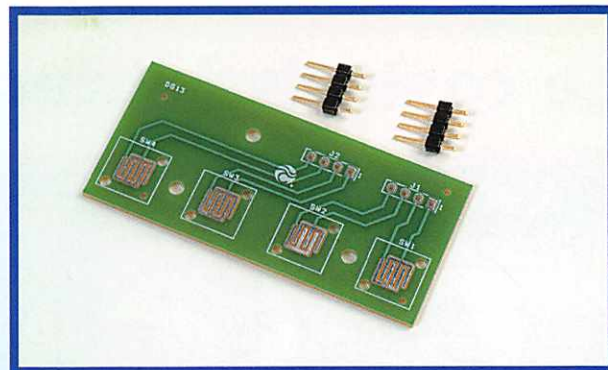
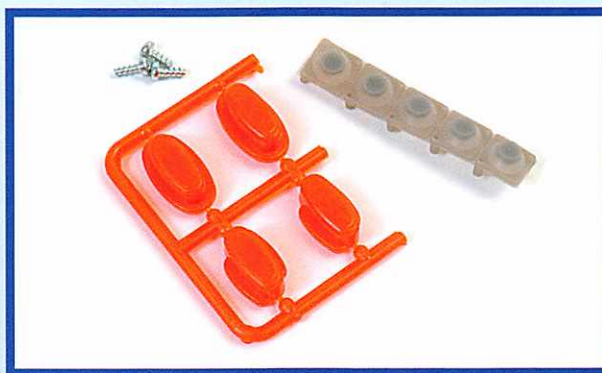
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Scheda DG13
2 Connettori maschio da c.s. diritti a 4 vie

IN REGALO nel prossimo fascicolo

4 Pulsanti di plastica
1 Fila di 5 pulsanti di silicone
3 Viti

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

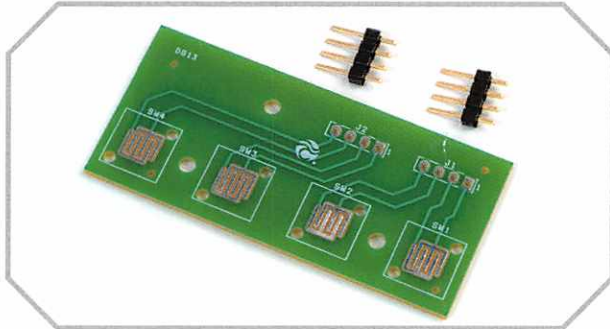
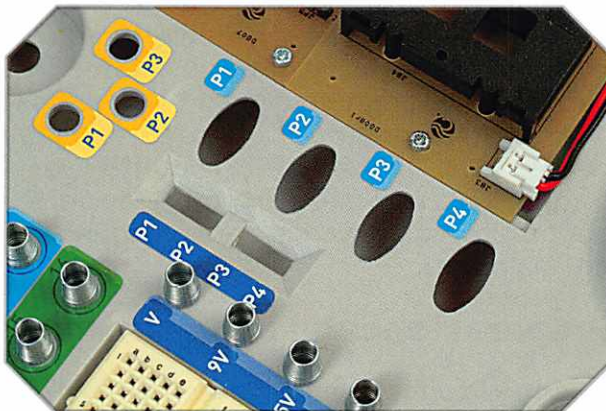
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail: elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

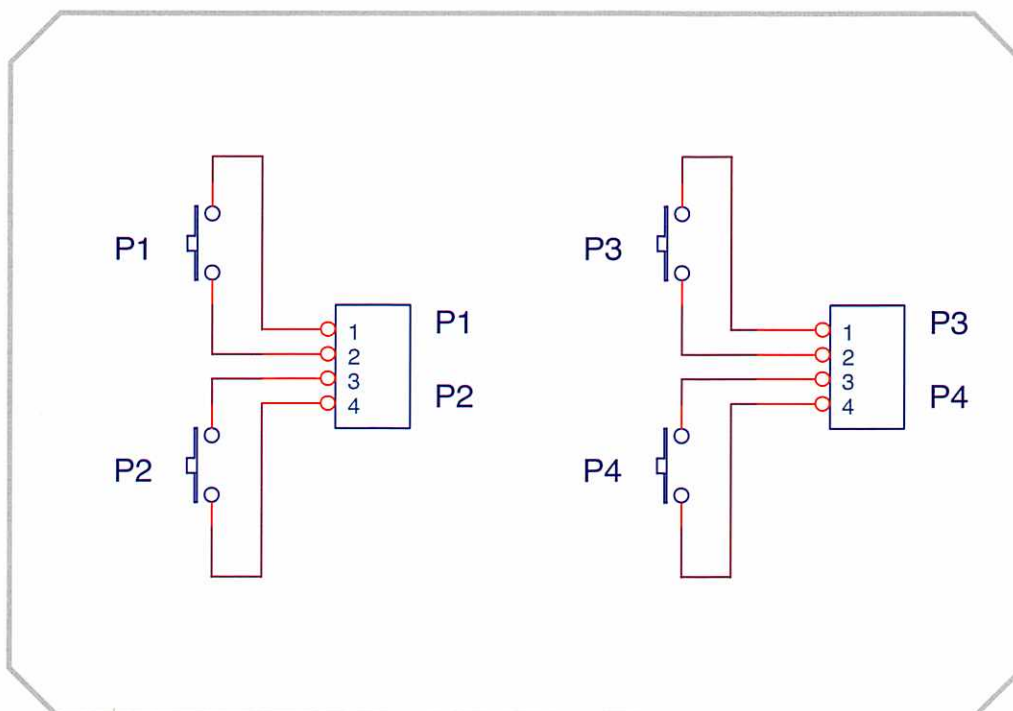
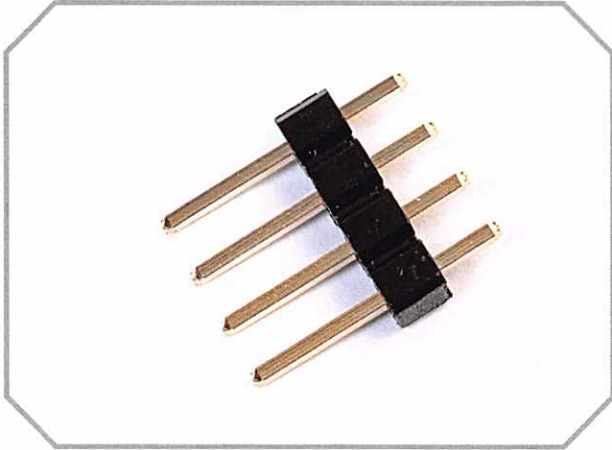
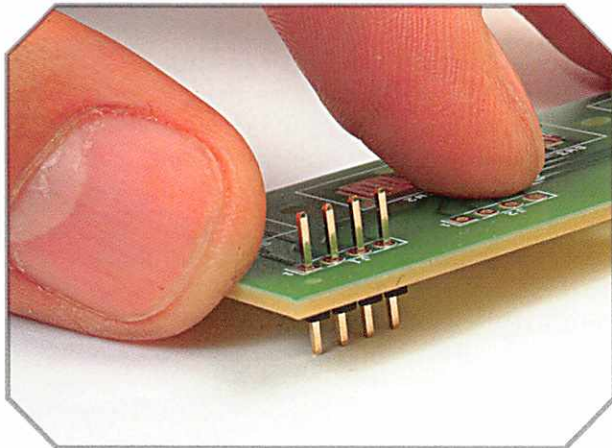
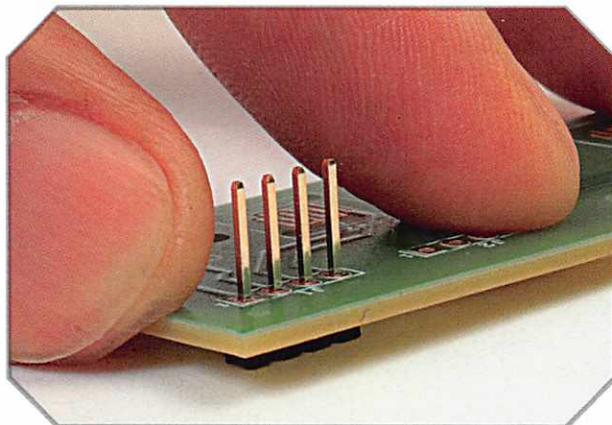
Schema dei pulsanti

Componenti forniti con questo fascicolo.

In questa zona verrà montata la scheda dei pulsanti.

Allegato a questo fascicolo troverete il circuito stampato DG13 e i due connettori che devono essere saldati sullo stesso. Inizieremo il montaggio di questa scheda che contiene quattro pulsanti, con collegamenti indipendenti.

Pulsanti

Con l'installazione di questa scheda il laboratorio avrà a disposizione quattro pulsanti che faciliteranno la realizzazione degli esercizi, permettendo di eseguire molti collegamenti che sinora venivano realizzati con i fili.

Sono pulsanti indipendenti fra loro, si tratta del tipo di segnali con poca corrente e con una resistenza di contatto residuo di circa 50 Ω. In realtà questo dato ha poca importanza, ma deve essere tenuto in considerazione per certi tipi di circuito e quindi è necessario conoscerlo.

Si tratta fondamentalmente di un circuito stampato con due connettori saldati, quattro tasti di silicone che contengono l'elemento conduttore che chiude il contatto e quattro

Schema elettrico.

Connettore a quattro terminali diritto senza modifiche.

Montaggio del connettore sul circuito stampato.

Facendo pressione sulla scheda si sposta l'isolante del connettore.

attuatori di plastica che racchiudono i tasti di silicone che dovranno chiudere il contatto.

Attraverso il pannello frontale vedremo solamente i quattro terminali dei connettori e gli attuatori di colore arancio.

L'insieme dei quattro pulsanti si fissa con tre viti all'interno del pannello principale del laboratorio.

Circuito stampato DG13

Questo circuito stampato è stato progettato in modo che la zona di contatto dei pulsanti risulti stampata sul circuito stesso, la chiusura dei contatti si realizza con un elemento conduttore inserito in un tasto di silicone, che quando viene premuto genera l'unione fra le due zone di contatto sul circuito stampato della scheda. Queste zone di contatto si identificano dalla mancanza di protezione del solder resist di colore verde. I tasti vengono forniti già pronti.

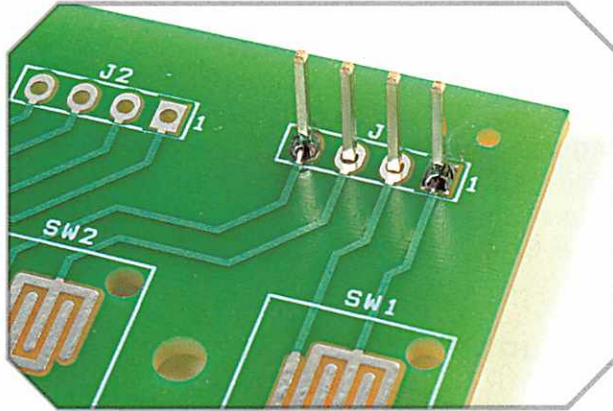
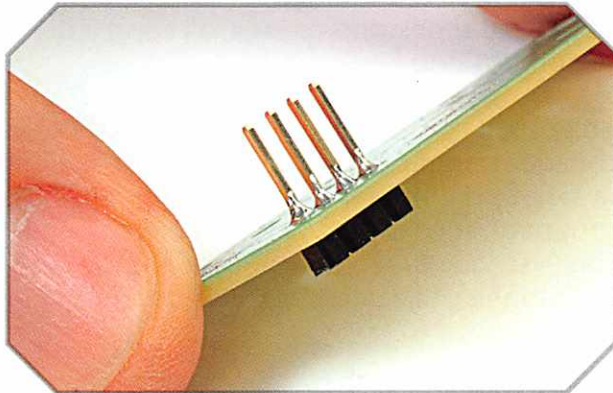
Preparazione dei connettori

Questo circuito stampato deve rimanere installato con il lato delle piste rivolto verso il pannello principale del laboratorio, in modo che i terminali dei connettori fuoriescano dalla superficie dello stesso con la lunghezza necessaria per poter ospitare i cavetti di collegamento a quattro fili.

Sarà necessario eseguire una preparazione dei connettori prima di saldarne i terminali sulla scheda. Vediamo ora questa preparazione.

Prendiamo uno dei due connettori e inseriamo la parte più lunga dei terminali attraverso i fori del circuito stampato, come si può vedere dalle fotografie. Facciamo pressione sul circuito stampato vicino al connettore, in modo da spostare l'isolante fino in fondo; ripetiamo l'operazione con entrambi i connettori. Questa operazione ci permetterà di sfruttare al massimo la lunghezza dei terminali.

Montaggio dei connettori

Dopo aver preparato i due connettori li monteremo dal lato dei componenti, in modo che i terminali fuoriescano dal lato delle saldature. L'isolante deve rimanere completamente appoggiato alla scheda, e rimarrà fissato in

Questo connettore maschio si fissa così.

Vista laterale dei terminali.

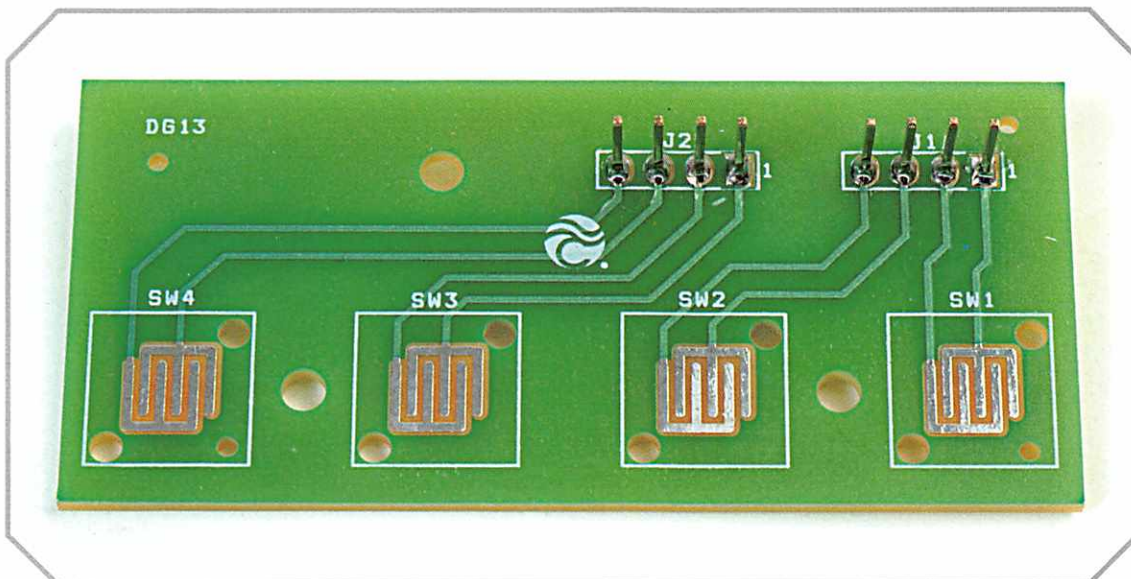
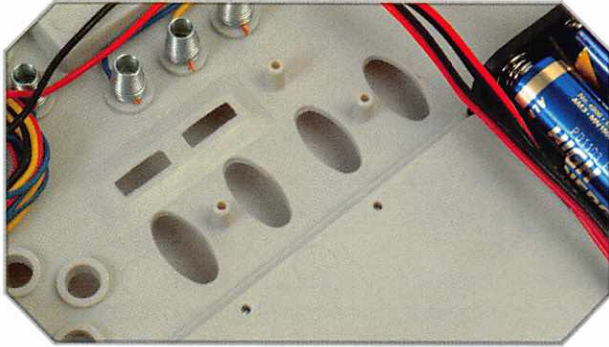
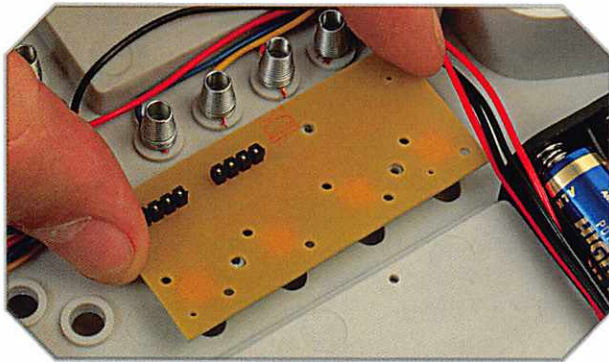
questa posizione grazie alle saldature; controlleremo inoltre che la posizione finale dei terminali sia verticale.

La saldatura si esegue – come d'abitudine – dal lato delle saldature, tenendo presento però che da questo lato devono fuoriuscire gli estremi dei terminali. Eseguiremo una sola saldatura e prima di continuare verificheremo che il connettore sia stato posizionato correttamente; terminata la verifica eseguiremo il resto delle saldature sui connettori.

Verifica

La scheda è già pronta per essere montata, in quanto i tasti di silicone non hanno elementi da saldare.

Verranno forniti anche gli attuatori dei tasti che fuoriusciranno dal pannello frontale del laboratorio, per il momento, quindi, presenteremo solamente la scheda allineando i tre fori di fissaggio della stessa con quelli delle colonne destinate a ospitare le viti. Questo per verificare che i terminali dei due connettori siano correttamente centrati.

Le saldature dei terminali devono essere eseguite nel migliore modo possibile, in quanto dovranno sopportare molte volte le operazioni di collegamento e scollegamento dei connettori femmina dei cavetti di interconnessione.

Scheda con tutte le saldature.

Zona riservata al circuito DG13.

Posizionamento della scheda.

Identificazione

Gli attuatori dei tasti saranno identificati come P1, P2, P3 e P4, e i collegamenti degli stessi divisi di quattro in quattro su due connettori, manterranno le stessa identificazione. Il primo connettore contiene i collegamenti di P1 e P2 e il secondo quelli dei pulsanti P3 e P4.

Collegamenti

Ogni pulsante ha due collegamenti indipendenti, inoltre il circuito di ogni commutatore è aperto in stato di riposo.

Il collegamento al resto del circuito si esegue tramite i due connettori a quattro terminali su cui si possono collegare i cavetti di interconnessione.

Ogni cavetto porta i collegamenti di due pulsanti, e l'altro estremo del cavetto si potrà collegare a qualsiasi dei connettori delle molle siglate dal numero 1 al numero 16 e raggruppate anch'esse di 4 in 4. I collegamenti con la scheda Bread Board si eseguono tramite le molle utilizzate per il collegamento del cavetto.

Laboratorio con il materiale finora fornito.

Flip-Flop sensibile al tatto

Questo circuito in apparenza semplice, ha più importanza di quello che potrebbe sembrare. Valutiamo con molta attenzione alcuni problemi che riesce a risolvere.

Il circuito

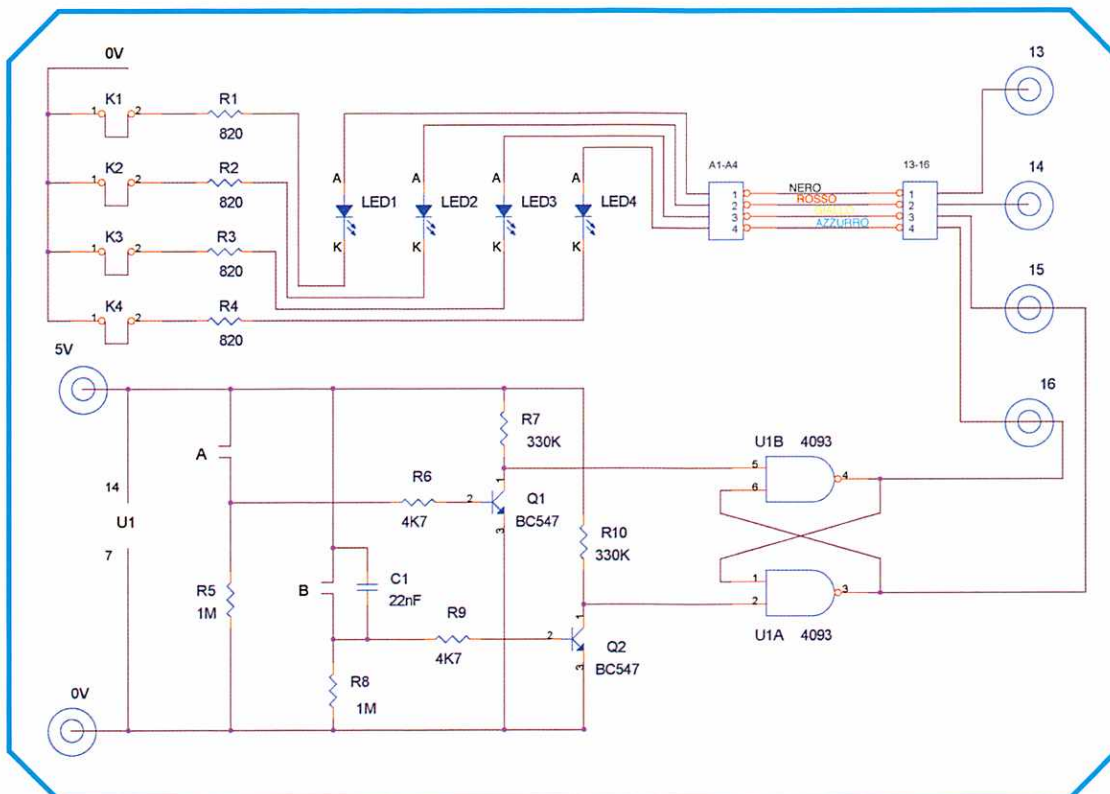
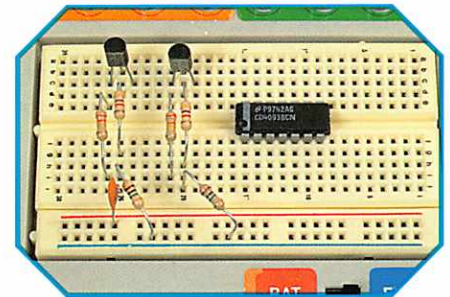
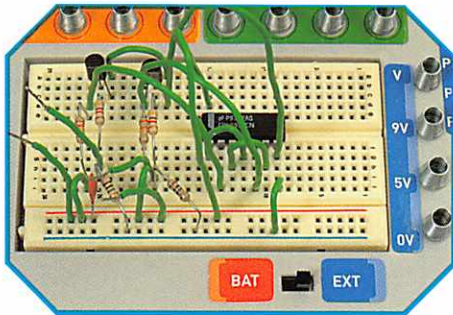
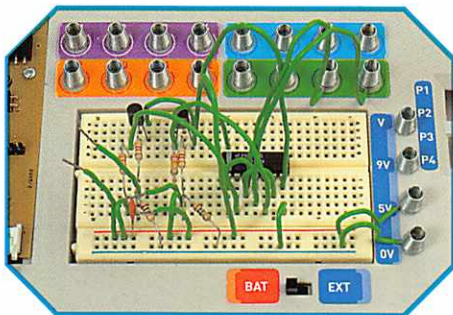
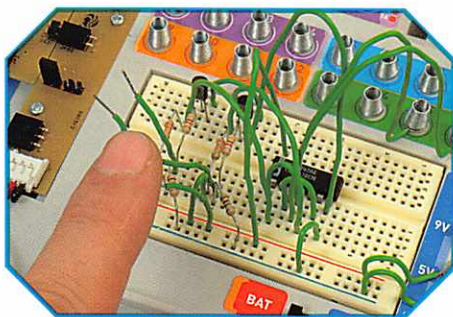
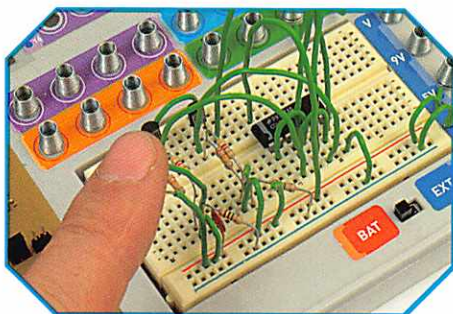
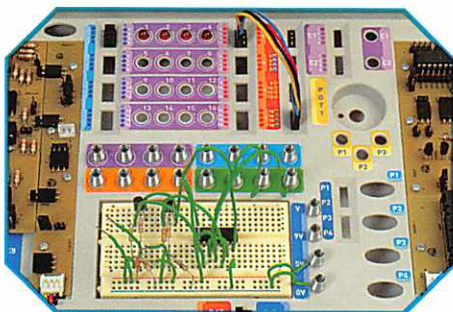
Osservando lo schema del circuito possiamo vedere due porte del circuito integrato 4093 che formano un bistabile RS, e due transistor collegati ai loro ingressi. Quando con un dito chiudiamo i terminali A o B si attiva l'uscita della porta U1B oppure U1A.

Bistabile RS utilizzato.

Risparmio con problemi

Immaginate di voler risparmiare dei componenti e togliere quindi i transistor, collegando direttamente i terminali 5 e 2 dell'integrato 4093 ai contatti A e B, mantenendo le resistenze di pull-down R5 e R8 da 1 M.

Eseguendo questa modifica ci troviamo di fronte al primo problema, infatti questo tipo di bistabile con porte NAND non accetta che i due ingressi siano contemporaneamente a li-

È necessario fare attenzione al collegamento dei transistor.

Interruttore sensibile al tatto con memoria.

Cablaggio della scheda Bread Board.

Cablaggio completato.

Chiudendo A si illumina il LED 4.

Chiudendo B si illumina il LED 1.

Esperimento completato.

vello basso poiché il livello di uscita rimarrebbe indeterminato, invalidando quindi questa economica opzione.

Invertitore

Torniamo al circuito originale, osservando con attenzione il circuito di uno dei due transistor, possiamo vedere come questo inverta il livello del segnale. Quando il collegamento A è aperto la resistenza R5 impedisce che la base possa captare dei segnali di rumore e attivare il transistor Q1, quindi esso non conduce e la resistenza R7 applica un livello alto all'ingresso di U1B.

Quando si collega A, cioè si applica un livello alto all'ingresso – anche tramite la pelle del dito – vi è un passaggio di corrente sufficiente per far sì che il transistor Q1 conduca, facendo circolare corrente attraverso la resistenza R7 e generando quindi sulla stessa una caduta di tensione tale da portare il collettore del transistor a un livello basso, in modo che l'ingresso della porta lo consideri uno 0 logico.

Riposo

In stato di riposo i due ingressi del circuito sono a livello basso, mentre gli ingressi del bistabile sono a livello alto, quindi lo stato dell'uscita degli stessi si mantiene.

Montaggio

Questo montaggio si esegue seguendo lo schema, e facendo attenzione ai collegamenti del transistor.

Prova

Il circuito deve funzionare appena si collega l'alimentazione, attivando A – unendo con il dito i due terminali – si illumina il 4 e rilasciandolo si memorizza questa situazione. Se successivamente attiveremo B, si illuminerà il LED 3 e si spegnerà il 4.

LISTA DEI COMPONENTI	
U1	Circuito integrato 4093
Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R5, R8	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R6, R9	Resistenza 4K7 K (giallo, viola, rosso)
R7, R10	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
C1	Condensatore 22 nF

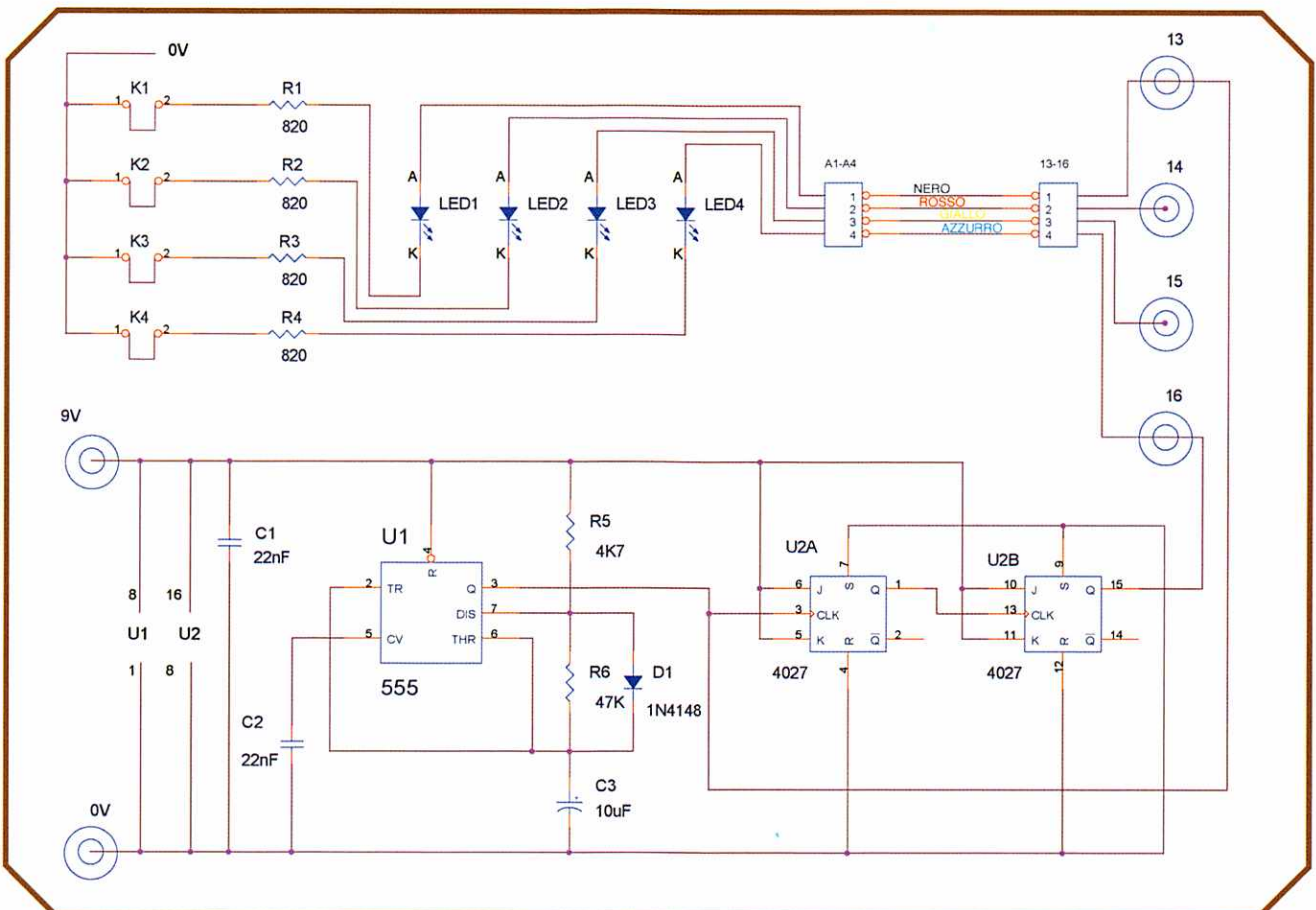
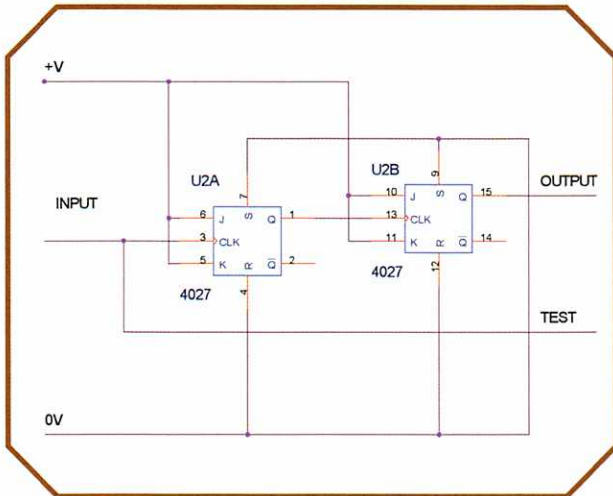
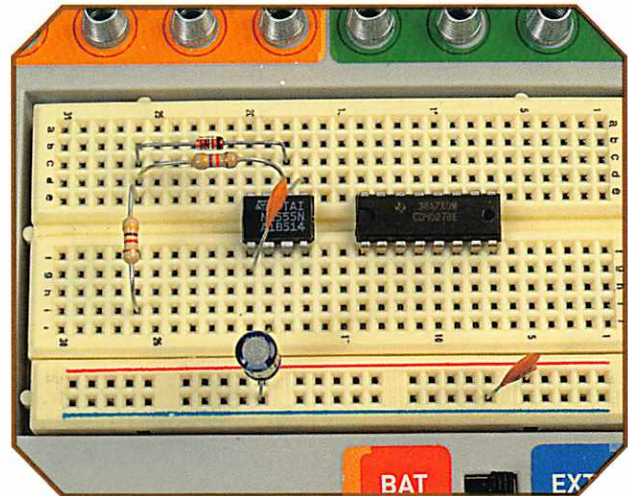
Divisore per 4

Se all'uscita di un generatore si collega l'ingresso di un bistabile, in modo che lo stato di quest'ultimo cambi a ogni impulso di clock, all'uscita del bistabile otterremo un segnale la cui frequenza è la metà di quella di ingresso, ma con un ciclo del 50%, in altre parole, il segnale rimane la stessa quantità di tempo a livello basso e a livello alto. Se disponiamo di due bistabili di questo tipo in cascata otteniamo un divisore per 4.

Il circuito

Osservando lo schema possiamo vedere i due circuiti bistabili JK del circuito integrato 4027 collegati in cascata, cioè l'uscita di uno collegata all'ingresso dell'altro. Gli ingressi asincroni che non sono utilizzati e che vengono collegati al negativo dell'alimentazione, corrispondo ai terminali 4, 7, 9, e 12. Il LED 4 si utilizza per visualizzare lo stato dell'uscita.

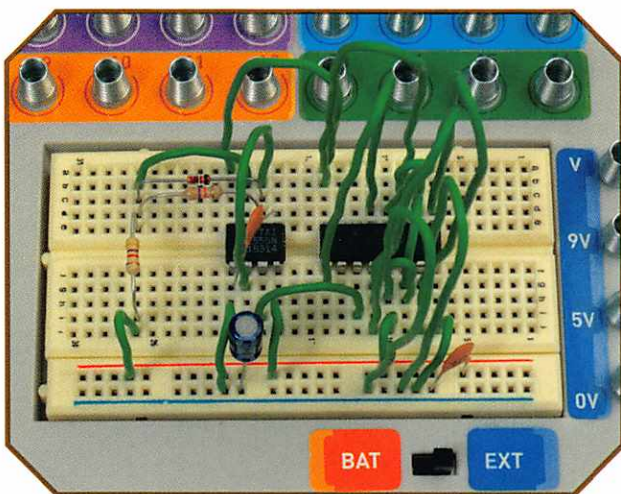
Il circuito integrato 555 si utilizza per generare un breve impulso, che si ottiene utilizzando il diodo D1, in modo che la carica del condensatore C3 sia rapida. Infatti dobbiamo tenere presente che l'uscita del 555 è a livello alto quando il condensatore si carica, e a livello basso mentre si scarica; la scarica può avvenire solamente attraverso la resistenza R6.

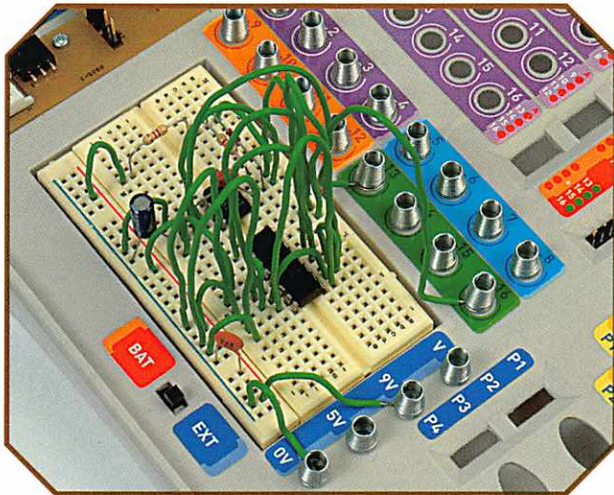
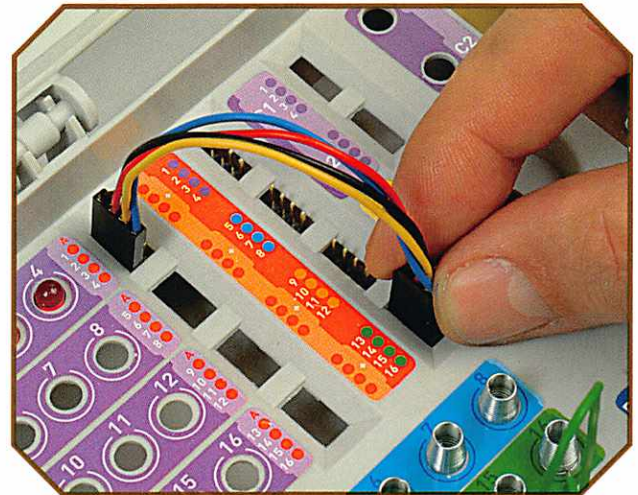
La durata dell'impulso dipende quindi dai valori scelti per R5 e C3, mentre il tempo in cui

Divisore per quattro con il suo generatore di prova.

Circuito del divisore per quattro.

Componenti montati sulla scheda Bread Board.

l'uscita è a livello basso dipende dai valori di R6 e C3. Il LED 1 si illumina brevemente quando l'uscita del 555, terminale 3, è a livello alto.

Montaggio

Il montaggio inizia posizionando i componenti sulla scheda Bread Board, facendo particolare attenzione all'orientamento dei circuiti integrati, del diodo D1 e del condensatore C3, perché sono componenti che hanno polarità. In seguito si realizza il cablaggio, iniziando dai fili che stabiliscono i collegamenti all'interno della scheda, senza dimenticare le alimentazioni dei circuiti integrati, e continuando poi con i fili che vanno alle molle.

Utilizzeremo anche un cavetto a quattro fili terminato su connettori, fra gli anodi dei LED dal numero 1 al numero 4 e i connettori che portano i segnali alle molle numerate da 13 a 16. È necessario collegare almeno due ponticelli di alimentazione fra i terminali della matrice dei LED indicati come K1 e K2 e il negativo dell'alimentazione che troviamo sui terminali a fianco. Lasciamo scollegati il positivo dell'alimentazione che potrà essere da 9 oppure da 5 V. Questo filo verrà collegato dopo aver verificato che tutto il lavoro di preparazione dell'esperimento sia stato eseguito correttamente.

Cablaggio interno.

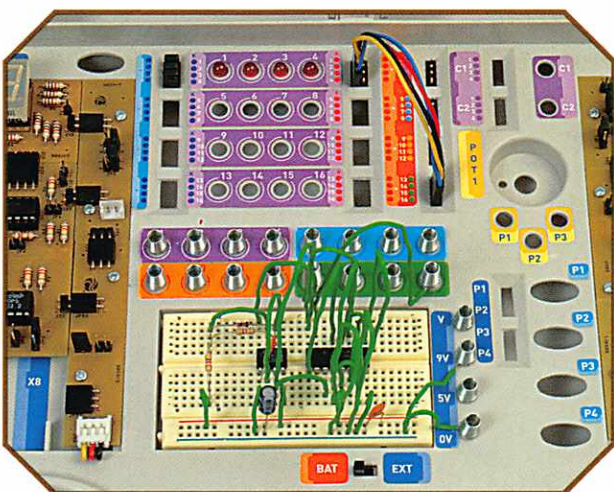
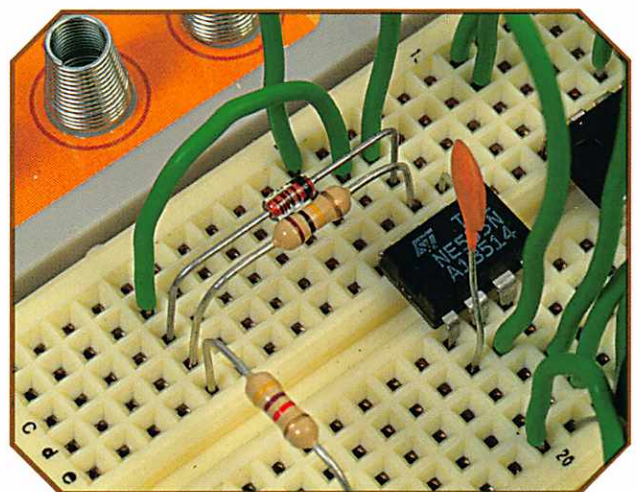
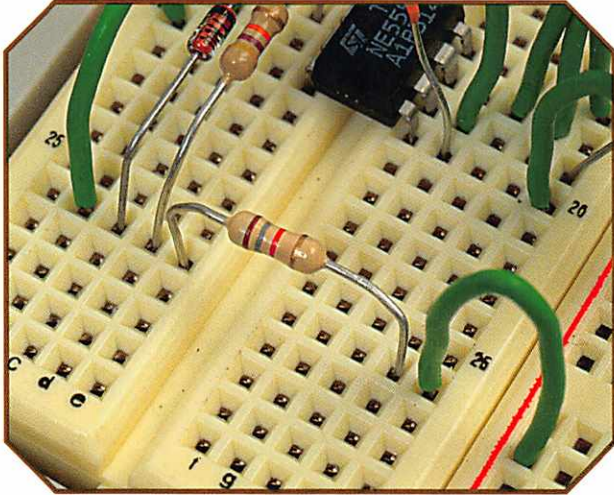
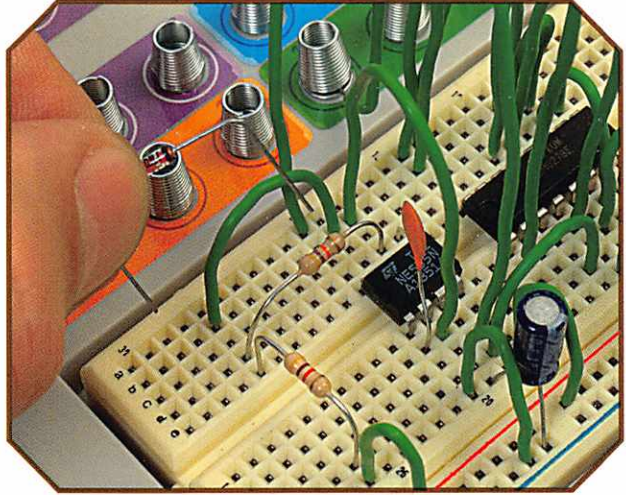
I ponticelli vanno montati sui catodi dei LED utilizzati.

Collegamento alle molle e all'alimentazione.

Collegamento fra i LED e i connettori delle molle.

Funzionamento

Quando si collega l'alimentazione, il 555 emette degli impulsi di clock che arrivano all'ingresso del primo bistabile T, che si ottiene unendo i due ingressi J e K e collegandoli al positivo, la configurazione genera il cambio di stato dell'uscita a ogni fronte di salita dell'impulso, cioè quando questo passa da livello basso a livello alto.

L'uscita del primo bistabile, terminale 1 di U2 arriva all'ingresso del clock del secondo bistabile, terminale 13 di U2. Osservate che il segnale di uscita il cui stato è visualizzato sul LED 16, rimane per un tempo uguale sia a livello basso che a livello alto, dato che il suo stato cambia al quarto impulso di clock.

Modifiche

Vi consigliamo di fare delle prove apportando alcune modifiche al circuito, ad esempio sostituendo la resistenza R5 da 4K7 con una da 1K8, questo farà diminuire la durata dell'impulso ma il segnale di uscita continuerà a essere simmetrico; se si toglie il diodo D1 aumenta la durata dell'impulso dato che la corrente di carica del condensatore deve ora attraversare le resistenze R5 e R6. Se si vuole vi-

Cablaggio completato.

Aumentando R6 si separano gli impulsi.

Il valore di R5 fissa la durata dell'intermittenza.

Togliendo D1 il tempo in cui il LED 1 è illuminato è maggiore.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4027
R5	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R6	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancione)
C1, C2	Condensatore 22 nF
C3	Condensatore 10 μF elettrolitico

sualizzare lo stato dell'uscita del secondo bistabile è sufficiente collegare con un filo il terminale 1 di U2 alla molla 14, in questo modo si illuminerà il LED 2 quando il terminale sarà a livello alto.

Vista del laboratorio con l'esperimento completato.

Modulo CCP

Riprendiamo lo studio dei dispositivi del microcontroller con i moduli di capture/compare e di modulazione di ampiezza degli impulsi, che chiameremo in modo abbreviato CCP. I microcontroller della famiglia 16F87X normalmente dispongono di due moduli CCP, CCP1 e CCP2, che funzionano nello stesso modo salvo quanto concerne il modo di attivazione speciale. Il nostro PIC dispone solamente di un modulo CCP.

Funzione del modulo CCP

I moduli CCP realizzano tre funzioni:

– Acquisiscono informazioni a 16 bit provenienti dal TMR1.

– Comparano il valore di un registro con quello del TMR1.

– Modulano o controllano l'intervallo di tempo in cui si commuta da 1 a 0 un pin del microcontroller.

Per controllare un modulo CCP e scegliere le funzioni che vogliamo fargli eseguire esistono i registri CCP1CON e CCP2CON.

Modo capture

In questo modo il registro CCPRxH/L da 16 bit acquisisce il valore contenuto nel TMR1, sempre che si verifichi una delle seguenti condizioni:

– Un fronte di discesa.

– Un fronte di salita.

– Ogni quattro fronti di salita.

– Ogni sedici fronti di salita.

Sia il modo lavoro che la scelta dell'evento che provoca il capture si realizza configurando i quattro bit meno significativi del registro di controllo CCPxCON.

RD2/CCP1

Predivisore 1, 4, 16

e

Rilevazione del fronte

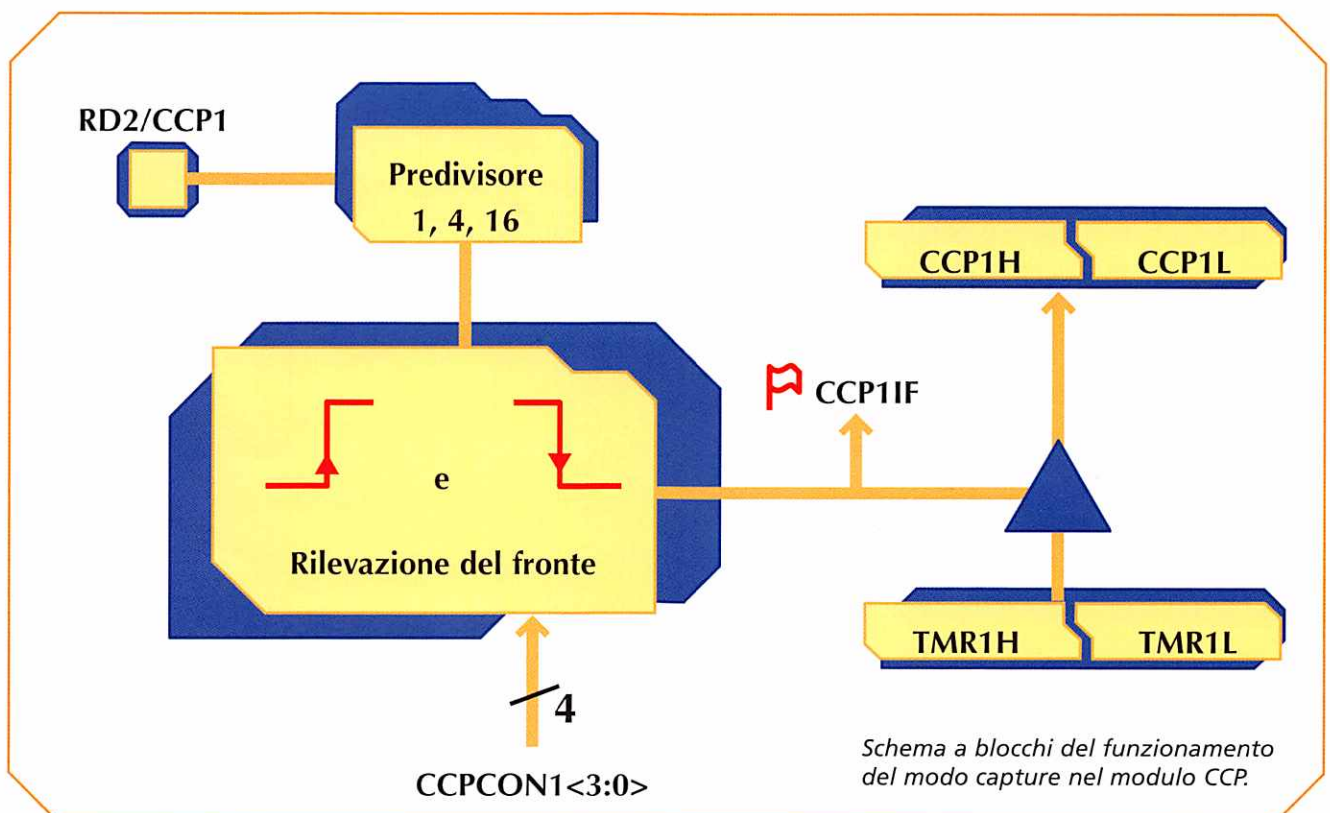
CCP1IF

CCP1H CCP1L

TMR1H TMR1L

4

CCPCON1<3:0>

Schema a blocchi del funzionamento del modo capture nel modulo CCP.

CCP1CON 7							0
----	----	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0

Registro di controllo CCP1CON.

Normalmente si rimane in attesa di un evento esterno al microcontroller per mettere in marcia una routine specifica che realizzi una determinata funzione. Quando si genera un evento fra quelli citati in precedenza sul pin RC2/CCP1 (per il CCP1) o su RC1/T1OSI/CCP2 (per il CCP2) la coppia di registri concatenati CCPRxH:CCPRxL si carica con il valore presente sul TMR1 in quel momento.

Nel nostro caso, non disponendo del modulo CCP2, i registri coinvolti sono CCP1CON, CCPR1H:CCPR1L e il pin sul quale si riceve l'evento è il RC2/CCP1. A partire da questo momento ci concentreremo unicamente sul modulo che dispone il nostro PIC, anche se l'altro modulo è simile, eccetto che nella parte di attivazione.

Eseguendo il capture si attiva il flag CCP1IF, ubicato nel registro PIR1, e se i bit di abilitazione GIE e PIE1 (entrambi a 1) sono stati programmati correttamente, si genererà un interrupt nel processore. In questo momento si potrà leggere il contenuto del registro CCPR1H/L.

```
clrf    CCP1CON    ;Disattiva il CCP1
movlw   NUOVO      ;Nuova configurazione
movwf   CCP1CON    ;Il CCP1 funziona in un altro modo
```

Disattivazione del modulo CCP.

Quando si utilizza il modulo CCP1 in modo capture, il TMR1 deve essere configurato per lavorare in modo sincrono, come temporizzatore o contatore, non in modo contatore asincrono.

Quando si produce un capture e non viene letto il contenuto di CCPR1H/L si cancella il valore precedente, memorizzando il nuovo

CCP1M<3:0>	MODO LAVORO DEL MODULO
0000	Modulo CCP1 scollegato
0100	Modo capture a ogni fronte di discesa su RC2/CCP1
0101	Modo capture a ogni fronte di salita su RC2/CCP1
0110	Modo capture ogni 4 fronti di salita su RC2/CCP1
0111	Modo capture ogni 16 fronti di salita su RC2/CCP1
1000	Modo compare e attiva il pin RC2/CCP1 quando coincidono i valori
1001	Modo compare che disattiva (0) il pin RC2/CCP1 quando coincidono i valori
1010	Modo compare che genera interrupt software
1011	Modo compare in cui si genera un'attivazione speciale diversa per ogni modulo
11xx	Modo PWM

Tabella delle combinazioni CCP1M <3:0>

Indirizzo	Nome	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Valore in POR, BOR	Valore nel resto dei resets
0Bh,8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF	ADIF	RCIF	TXIF	-----	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 -000	0000 -000
87h	TRISC	Registro di configurazione della porta C								1111 1111	1111 1111
8Ch	PIE1	PSPIE	ADIE	RCIE	TXIE	-----	CCPIE	TMR2IE	TRM1IE	0000 -000	0000 -000
0Eh	TMR1L	Registro di carico del byte meno significativo del registro da 16 bit TMR1								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Fh	TMR1H	Registro di carico del byte più significativo del registro da 16 bit TMR1								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10h	T1CON	-----	----	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--uu uuuu
15h	CCPR1L	Registro del byte meno significativo del modulo CCP								xxxx xxxx	uuuu uuuu
16h	CCPR1H	Registro del byte più significativo del modulo CCP								xxxx xxxx	uuuu uuuu
17h	CCP1CON	-----	----	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	--00 0000

Registri che intervengono sul funzionamento dei moduli CCP in modo capture e compare.

valore acquisito. Se si eseguono delle modifiche alle condizioni in cui si va a effettuare l'operazione di capture conviene fermare o disattivare il modulo CCP, in modo che non si producano interrupt indesiderati durante l'operazione.

Nel riquadro della pagina precedente è possibile vedere la sequenza di istruzioni per realizzare la disattivazione.

Quando si disattiva il modulo CCP1 o smette di funzionare in modo capture, si cancella la codifica dei bit CCP1M3:M0.

Un'applicazione tipica del modo capture è la misura degli intervalli di tempo che intercorre fra gli impulsi che arrivano al pin RC2/CCP1 configurato come ingresso. In questo modo lavoro il TMR1 deve essere utilizzato come ingresso di clock esterno sincronizzato.

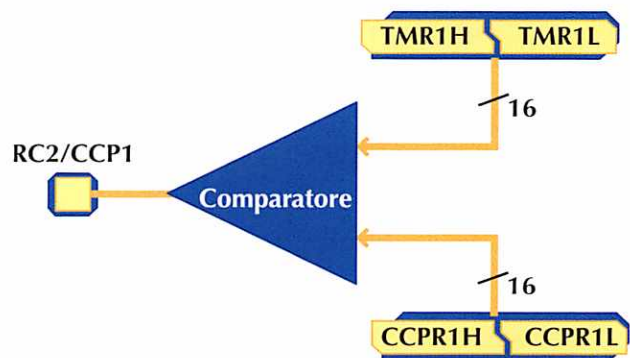
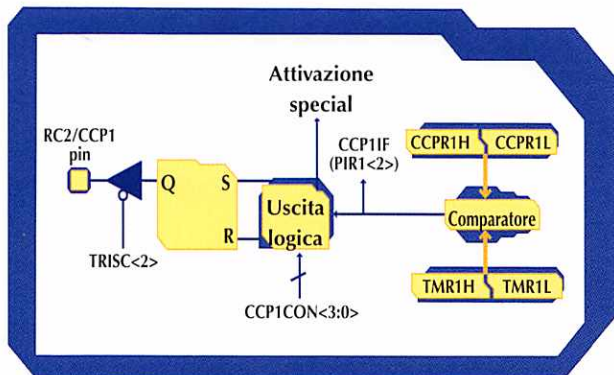
Modo comparazione

In questo modo il contenuto del registro CCPR1H/L si confronta continuamente con il contenuto del TMR1 (ricordiamo che questo deve lavorare in modo sincrono). Quando coincidono entrambi i valori, il pin RC2/CCP1, che sarà stato precedentemente configurato come uscita, può commutare a 1 oppure a 0 o può non variare, però si attiva il flag CCP1IF. Se i bit di abilitazione di interrupt sono stati attivati (GIE = PIE = 1) si genera un interrupt.

Nelle figure possiamo vedere il funzionamento di base del comparatore, così come l'architettura esterna o schema a blocchi dello stesso.

Nel modo di attivazione speciale, una comparazione corretta genera i seguenti eventi:

– Per CCP1: il TMR1 si imposta a 0 per cui il CCPR1 funziona come un registro dei periodi capace di generare interrupt periodicamente.

– Per CCP2: il TMR1 si imposta a 0 e si attiva una conversione analogico/digitale se questa è stata precedentemente autorizzata dal convertitore. Questo permette di eseguire periodicamente conversioni A/D senza che sia necessario il controllo del programma delle istruzioni.

Schema di base del funzionamento del comparatore.

Schema a blocchi del funzionamento del modulo CCP1 in modo compare.

Possiamo controllare l'ampiezza dell'impulso.

Modo di modulazione di ampiezza degli impulsi o PWM

In questo modo il pin RC2/CCP1, programmato come uscita, commuta fra 0 e 1 a intervalli variabili di tempo. Quando il valore del registro PR2 coincide con gli 8 bit più significativi del TMR2, il pin di uscita passa a 1 e il TMR2 prende il valore 00 e ricomincia il conteggio. Il valore caricato su CCPR1L, passa a CCPR1H (registro slave del precedente) e si confronta con il TMR2. Quando entrambi coincidono il pin RC2/CCP1 passa a 0 e si ripete la sequenza.

Nell'immagine della figura si può capire meglio quanto esposto in precedenza, comunque riassumendo si può spiegare nel seguente modo: la comparazione fra PR2 e il TMR2 imposta a 1 il pin quando coincidono i registri, e la comparazione fra CCPR1H e

Schema a blocchi del modulo CCP1 nel modo PWM.

Tempo a 1 = (PR2 + 1) · 4 · Tosc · Predivisore

Tempo a 0 = DC1 · Tosc · Predivisore

Formule per calcolare il tempo degli impulsi.

TMR2 imposta a 0 il pin quando coincidono.

Variando il valore di PR2 e CCPR1L si varia l'intervallo di tempo in cui il pin di uscita rimane a 1 oppure a 0 rispettivamente.

Per calcolare questi tempi possiamo utilizzare le formule della figura.

DC1 rappresenta il valore a 8 bit del registro CCPR1L concatenato con i bit <5:4> di CCP1CON. Gli 8 bit del TMR2 si concatenano con i due bit Q del clock interno facendolo contare ogni Tosc, invece di ogni 4 Tosc. Questo avviene quando lavoriamo con una risoluzione da 10 bit, però possiamo lavorare con una risoluzione da 9 bit (uno dei due bit meno significativi – CCP1CON<5:4> - a 0) o con una da 8 bit (i due bit meno significativi impostati a 0).

I passaggi da seguire per configurare il CCP1 in modo PWM sono quindi i seguenti:

1.- Caricare il valore che determina il periodo in PR2.

2.- Caricare il valore che corrisponde all'ampiezza dell'impulso (duty cycle) su CCPR1L:CCP1X:CCP1Y.

3.- Configurare il pin RC2/CCP1 come uscita.

4.- Assegnare il range al predivisore di frequenza del TMR2 e attivarlo programmando T2CON.

5.- Configurare il modulo CCP1 in modo PWM mediante il registro CCP1CON.